

Рис.11. Графики напряжение-деформация для базальтов в опытах на сжатие при всестороннем давлении 5 кбар и при различной температуре [11,12]

Можно сформулировать некоторые наиболее общие положения полимерной модели.

1. Процессы подготовки и сработки землетрясений происходят в полимерной среде и определяют физико-химическими и физико-механическими свойствами этой среды, изменяющейся по собственным закономерностям в соответствии с изменениями термобарических и иных условий.

2. Свойства полимерных материалов существенно отличаются от свойств твёрдых, кристаллических тел и жидкого вещества тем, что за исключением крайних состояний, они находятся в промежуточном, упруго-вязком состоянии.

3. Деформирующие напряжения и релаксация напряжений в ходе подготовки землетрясения определяется временем и интенсивностью воздействия, а также соотношением свойств полимерного субстрата: упругости, эластичности и пластичности в зависимости от термобарических условий.

4. В зависимости от величины нагрузки и скорости нагружения в геологической среде происходят обратимые и необратимые деформации. При превышении скорости возникновения напряжений над процессами релаксации при достижении порога прочности происходит разрыв с трещинообразованием, что проявляется в виде сейсмического события.

#### Литература

1. Pevnev A.K. On a new Strategy of the Earthquake Forecast// Journal prediction Research, 1995, v 4, N 1, p. 123.
2. Неорганические полимеры// Энциклопедия полимеров. М., 1974, т.2, С.363- 371.
3. Андрианов К.А. Полимеры с неорганическими главными цепями молекул, М., 1962
4. Неорганические полимеры, под ред. Ф. Стоуна и В. Грэхема, пер.с англ., М., 1965.
5. Ван Везер Дж., Усп. хим. 28, 1108(1969)
6. Бартев Г.М. Строение и механические свойства неорганических стекол, М., 1966.
7. Карта эпицентров сильных землетрясений// Новый каталог сильных землетрясений на территории СССР с древнейших времен до 1975 г. М., Наука, 1977, С.532
8. Глинистый раствор// Горная энциклопедия. М., 1986, т.2. С.71.
9. Магидов С.Х. Полимерная модель происхождения землетрясений и проблемы глобальной геоэкологии //Материалы 14 научно-практической конференции по охране природы Дагестана. Махачкала, 1997. С.236-237.
10. H.C. Heard. Transition from brittle fracture to ductile flow Solenhofenelimestone as a function of temperature, confining pressure and interstitial fluid pressure.- Rock Deformation, 1960, № 4.
11. D.Griggs et al. Deformation of rocks at 500° to 800° C.- Rock Deformation. 1960, № 4.
12. Соболев Г.А., Шамина О.Г. Современное состояние лабораторных исследований процессов разрушения применительно к физике землетрясений// Физика очага землетрясения. М., Наука, 1975. С.68-90.

## Сейсмомониторинг и оценка сейсмического риска территории Дагестана

В.И. Черкашин, С.А. Мамаев, Р.А. Магомедов

*ИГ ДНЦ РАН*

Одной из основных задач сейсмомониторинга, прогноза землетрясений и оценки сейсмического риска является теоретическая разработка усовершенствования методов расчета сооружений на сейсмические воздействия, критериев проверки результатов выбора оптимальных решений в области сейсмостойких конструкций и надежности существующих зданий. Кроме этого, полученные данные используются для оценки балльности при сейсмическом микрорайонировании и районировании городов и населенных пунктов. Информация, получаемая на станциях ИСС, позволяет осуществить инженерный анализ сейсмического воздействия землетрясения на здания и сооружения, возведённые на площадках с различными грунтово-геологическими условиями.

Сейсмомониторинг включает в себя инженерно-сейсмометрические и сейсмические станции, расположенные в создаваемом сеймопрогностическом полигоне и позволит решать следующие задачи: обеспечить МЧС Дагестана прогностической информацией о степени возможных разрушений строительных объектов расположенных на территории республики, проводить оперативный сбор и доведение информации о последствиях сильных землетрясений Дагестана до органов законодательной и исполнительной власти, участвовать в разработке нормативных документов по вопросам защиты населения, объектов народного хозяйства и территорий от разрушительных землетрясений, в том числе и развитие системы инженерно-

сейсмометрических наблюдений в регионе, создание банка сейсмологической, гидрогеохимической и инженерно-сейсмометрической информации [1, 7–9, 14, 15].

### **Принципы проектирования и структура сеймопрогностического полигона.**

Организация **сеймопрогностического полигона**, его сети станций для регистрации и получения необходимой информации, длительная его эксплуатация связаны с большими материальными затратами, поэтому серьезное внимание должно быть уделено, в первую очередь, вопросам оптимального размещения сети станций в сейсмоактивных зонах. От рационального размещения сети станций зависят сроки накопления и полнота информации, что имеет важное значение при редкой повторяемости сильных землетрясений. К сожалению, в сейсмоактивных зонах Российской Федерации практически отсутствует опыт организации таких сетей, что не позволяет на данном этапе разработать стандартные рекомендации для их проектирования. Особенно это касается вопроса выбора оптимальной плотности сети станций для различных районов. В идеальном случае было бы желательно охватить сетью ИСС как можно большую территорию с максимальной плотностью, но это приведет к большому увеличению числа станций и удорожанию стоимости всей системы наблюдений [1, 2]. Размещение станций должно производиться также с учетом требований, предъявляемых и к качеству, и к объему информации, необходимой для решения научных и практических задач. Для решения задач, связанных с прогнозом показателей сейсмического воздействия и расчетом зданий и сооружений на сейсмические нагрузки, требуются записи землетрясений, полученные на конкретных участках или территориях застройки городов. В этом случае размещение станций будет, в основном, зависеть от инженерно-геологических условий, рельефа местности, типов зданий и сооружений.

Для изучения процессов, происходящих в очаге, и распространения сейсмических волн от источника, необходимо получение записей степени затухания сейсмической энергии сильных землетрясений станциями, расположенными на различных расстояниях от очага, с учётом грунтово-геологических условий в пунктах регистрации. Отсюда следует вывод, что круг требований, предъявляемых к организации службы сильных движений, достаточно широк и противоречив. Поэтому для каждого конкретного района размещение станций проводится на основе детального изучения и анализа геолого-геофизических и сейсмологических данных. При разработке проекта службы сильных движений следует придерживаться следующей общей технологии размещения сети станций [1, 2]:

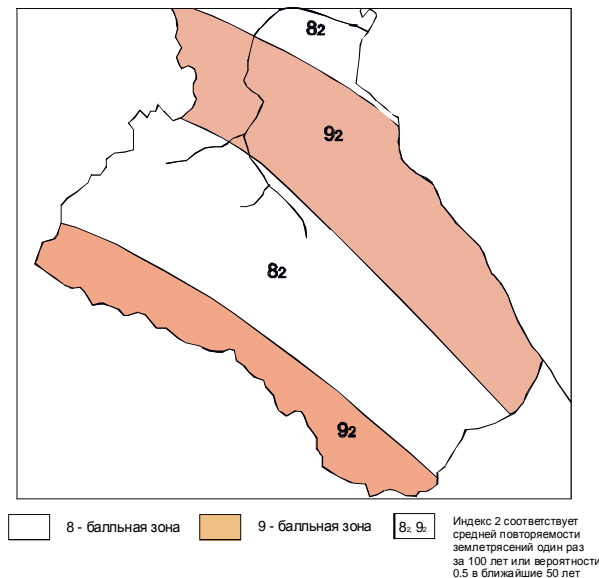
1. На основании карт сейсмического районирования (общего, детального), карт эпицентров сильных землетрясений, карт сотрясаемости выявляются районы с максимальной интенсивностью и повторяемостью землетрясений. Согласно новой карте общего сейсмического районирования (ОСР-97) вся прибрежная и предгорная части Дагестана переведены в 8-9 балльные зоны (рис. 1).

2. На основе геолого-геофизических данных в сейсмоактивном районе определяются наиболее активные сейсмогенные зоны.

3. На основе карт сейсмоструктуры и долгосрочного прогноза выбираются места организации локальных сетей станций.

4. В наиболее сейсмоактивных районах выбираются города и строительные площадки ответственных инженерных сооружений для организации специальных инструментальных наблюдений.

Как видно, реализация первых трех пунктов позволит выявить и уточнить общую и локальную максимальную сейсмическую активность района. На основании этого выбираются участки для организации станций ИСС, что позволит увеличить вероятность получения качественных записей в более короткие сроки. Последний пункт учитывает необходимость получения записей колебаний грунтов и зданий для *решения задач микрорайонирования* и других практических целей, связанных с проектированием сейсмостойких зданий и сооружений.



Масштаб 1: 1 500 000

Примечание: районирование проведено согласно «Схеме сейсмического районирования Северного Кавказа» 2 500 000 масштаба, утвержденной вице-президентом РАН, академиком Н.П. Лаверовым 23.08. 1993 г. Редакционная коллегия: ИФЗ РАН (В.И. Бунэ, В.Н. Крестников, Д.В. Штанге); ОМЭ ИФЗ РАН (А.И. Захарова); ИГ Даг. ФАН (Р.А. Левкович); ГНИ (М.Н. Смирнова); «Южмор-геология» (А.С. Горшков)

Рис. 1. Сейсмическое районирование территории Дагестана

При разработке критериев дальнейшего развития наблюдательной сети станций учитывается необходимость решения следующих задач:

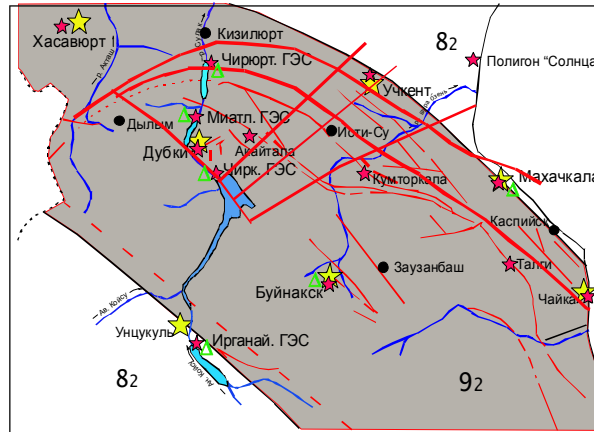
- изучение механизма очага;
- изучение спектральных характеристик сильных движений грунта и вариации этих характеристик в зависимости от природы очага, региональных геологических, местных условий и эпицентрального расстояния;
- изучение видов разрушения грунта, таких как, разжижение или оползни;
- изучение реакций представительных типов сооружений при высокой интенсивности воздействий с учётом различного пространственного положения очагов по отношению к сооружениям в конкретных геолого-структурных условиях;
- изучение взаимодействия сооружений с основанием;
- изучение реакций технологического оборудования или систем, которые могут быть самостоятельными или связаны с сооружением [2].

На первом этапе проектирования и организации наблюдений можно принять следующие рекомендации по размещению сети сейсмополигона. В первую очередь, необходимо оснастить аппаратурой для записи землетрясений стационарные сейсмические станции (при отсутствии на них такой аппаратуры), расположенные в сейсмоактивных районах. В высокоактивных сейсмогенных зонах в промежутках между стационарными сейсмическими станциями устанавливаются автономные станции ждущего режима. Расстояние между станциями, в зависимости от геолого-тектонических, гидрогеологических и сейсмических условий района, может быть принято в пределах 10–30 км – опорная сеть. Одна из таких опорных станций уже расположена в здании ИГ ДНЦ РАН. В зонах подготовки сильных землетрясений, выделенных по долгосрочному прогнозу, организуются ряд станций – локальная сеть, с шагом от нескольких сотен метров до нескольких километров, а также и другие виды наблюдений. На территориях городов и площадках крупныхстроек размещение станций проводится в зависимости от инженерно-геологических условий, рельефа местности и типов сооружений – специальная сеть станций. В дальнейшем, по мере накопления опыта система наблюдений для регистрации землетрясений в конкретных сейсмоактивных районах будет совершенствоваться.

По структуре сейсмопрогностический мониторинг может состоять из следующих систем: 1. система наблюдений для регистрации землетрясений; 2. система централизованной обработки, анализа, хранения и распространения получаемой информации.

Система наблюдений включает в себя следующие элементы:

1. Опорная сеть стационарных станций, образованная путем создания станций ИСС работающих в ждущем режиме согласно карте сейсморайонирования, охватывающая крупные населённые пункты и города республики (рис. 2);



УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ:

Сейсмометрические станции:

- ★ 1. Опорной сети
- ★ 2. Локальной сети
- ▲ 3. Специальной сети (населенные пункты, где располагаются пункты специальной сети)

Прочие обозначения:

- 8 - балльная зона
- 8<sub>2</sub>, 9<sub>2</sub> Индекс 2 соответствует средней повторяемости землетрясений один раз за 100 лет или вероятности 0.5 в ближайшие 50 лет
- 9 - балльная зона
- Разрывные нарушения осадочного чехла
- Глубинные разл.

Примечание: Сейсмическое районирование проведено согласно "Схеме сейсмического районирования Северного Кавказа" 2 500 000 масштаба, утвержденной вице-президентом РАН, академиком Н.П. Лавровым 23.08. 1993 г. Редакционная коллегия: ИФЗ РАН (В.И. Буиз, В.Н. Крестников, Д.В. Штанге); ОМЗ ИФЗ РАН (А.И. Захарова); ИГ Дел. ФАН (Р.А. Левкович); ГИИ (М.Н. Смирнов); "Южморгеология" (А.С. Горшков). Разрывные нарушения осадочного чехла нанесены согласно "Карте тектонического районирования Дагестана" 500 000 масштаба, 1983 года ("Дагнефть", Мин.нефт.пром.). Глубинные разломы нанесены согласно [10].

Рис. 2. Схема предварительного размещения станций сейсмопрогностического полигона.

2. Локальная сеть станций организуется в зонах возможных очагов землетрясений (ВОЗ) – наиболее вероятных районах возникновения сейсмических событий, выявленных на основе анализа геолого-геофизической, геодинамической, сейсмологической и другой информации и карт долгосрочного прогноза. Локальная сеть может состоять из одного или нескольких рядов станций. При организации этой сети могут планироваться и объемные наблюдения, для чего необходима установка приборов в скважинах. С помощью таких наблюдений определяется направление распространения объемных и поверхностных волн. Поскольку эти наблюдения связаны с большими затратами, организовать их следует в наиболее активных зонах. В зависимости от условий местности и решаемых задач могут быть поставлены и дополнительные виды наблюдений, такие как наблюдения за разжижением грунтов, оползневыми явлениями и т.д. Эта же сеть может быть использована для выявления предвестников сильных землетрясений.

3. Специальная сеть станций на зданиях и сооружениях. Основная задача этой сети диктуется параметрами колебаний при сильных движениях и практикой сейсмостойкого строительства, целью которого является обеспечение необходимыми данными исследований в области сейсмостойкого строительства [14,15]. Основными критериями здесь являются представительность типа сооружений, наличие информации о конструкциях, грунтах, геологии. Кроме того, эта сеть должна осуществлять контроль за специальными сооружениями, такими как химические предприятия, высотные плотины и т.д., с целью оценки их характеристик и реакций во время сильных землетрясений.

4. Мобильная группа приборов для регистрации, которая может быть перебазирована в зоны наиболее опасные по краткосрочному прогнозу или для изучения афтершоков сильного землетрясения [1].

*Система централизованной обработки, анализа, хранения и распространения записей сильных землетрясений* занимает важное место в общей структуре сейсмомониторинга. Для этого необходимо развить систему накопления и идентификации большого количества и существующей информации и числа записей, которые будут поступать от будущих сильных землетрясений. Основные этапы системы включают: доставку (необходимо определить план доставки) и стандартизацию записей.

Сейсмопрогностический полигон должен быть оснащен современной аппаратурой и техническими средствами для проведения первичной обработки и анализа записей землетрясений. Под первичной обработкой понимаются – отбор, сортировка, классификация записей, снятие высококачественных, годных для оцифровки копий и подготовка их к преобразованию в цифровой вид. В настоящее время записи землетрясений ведутся на фотобумаге, фотопленке и магнитной ленте. Подготовка и преобразование данных с каждого носителя имеют специфические особенности и требуют специальной аппаратуры. Особое внимание следует уделять процессу восстановления данных. Необходимо провести корректировку полученных записей колебаний – введение поправок на характеристики приборов, исправление нулевой линии, устранение

погрешностей, полученных при оцифровке записей и т. д. Следующая операция обработки должна заключаться в построении амплитудных спектров Фурье и спектров реакций. Для обработки и анализа записей необходимо иметь библиотеку программ. Публикация, размножение и распространение информации – одна из важнейших функций службы сильных движений. Для этих целей необходимо предусмотреть выпуски соответствующих периодических изданий, в которых будут публиковаться полученные материалы.

Исследования сейсмологического, сейсмогеохимического режима на проектируемом сейсмополигоне и установление закономерностей их изменения в процессе геодинамического развития имеют фундаментальное и прикладное значение. Организация исследований по краткой программе, приведенной выше, позволит разработать наиболее точные методики по оценке сейсмической опасности и прогнозу землетрясений. Накопленный фактический материал позволит приступить к моделированию современных тектонических процессов Восточного Кавказа. Построенные модели позволят решить многие фундаментальные геологические задачи, наиболее обоснованно определять зоны ВОЗ, приступить к обновлению карты сейсморайонирования и микрорайонирования городов и крупных населенных пунктов республики.

Но реализация выше изложенных задач по организации сейсмомониторинга, возможна лишь при условии необходимого финансирования на приобретение современного оборудования и проведения полевых работ.

Литература

1. Служба сильных движений Таджикистана. Негматуллаев С.Х., Роджан К., Лунев А.А., Золотарёв А.И. Душанбе: «Дониш». - 1987.- 152 С.
2. Инженерно-сейсмометрическая служба СССР /Под ред. Хачияна Э.Е. М., Наука.- 1987.- 94 С.
3. Н.И. Кригер. Основные черты геологии и сейсмоструктуры района Кавказских минеральных вод и соседних территорий. -В кн.: Сейсмическое микрорайонирование территорий со сложными инженерно-геологическими условиями. М., Стройиздат.- 1985.- С. 3 – 10.
4. Совершенствование системы наблюдений за колебаниями зданий /Г.Р. Болтиев, Е.Ю. Карташов, Ф.А. Валиев и др.: Госстрой СССР. ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко.- М., Стройиздат.- 1986.- 80 С.
5. Рекомендации по организации и эксплуатации станций инженерно-сейсмометрической службы (ИСС) /Госстрой СССР. ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко.- М., 1984.- 74 С.
6. Сейсмостойкие здания и развитие теории сейсмостойкости /Под ред. С.В. Полякова, А.В. Черкашина. М., Стройиздат.- 1984.- 255 С.
7. Мамаев С.А. Оценка статистической модели здания и статистической модели сейсмического воздействия на основе инженерно-сейсмометрической информации. Дисс. на соиск. уч. степени к.т.н. М.- 1991.- 119 С.
8. Дорофеев В.М. Математическая задача оптимизации сети станций инженерно-сейсмометрической службы страны //Исследование по теории сейсмостойкости сооружений. М., ЦНИИСК.- 1983.- С. 9-104.
9. Дорофеев В.М., Денисов Б.Е. Организация инженерно-сейсмометрических наблюдений на основе метода оптимального планирования //Колебания грунта и сейсмический эффект при землетрясениях. Вопросы инженерной сейсмологии, Вып. 23. М., Наука.- 1982.- С. 145-148.
10. Смирнова М.Н. Доюрское основание Терско-Каспийского прогиба. Дисс. на соиск. уч. степени д-ра г.-м.н. –М.- 1975.- С. 290.
11. Иванова Т.Г., Пономарева О.Н., Штейнберг В.В. Ускорение колебаний грунта при землетрясениях //Оценка сейсмической опасности. Вопросы инженерной сейсмологии. Вып. 24. М., Наука.- 1983.- С. 39-51.
12. Крамынин П.И. Методические основы количественной оценки сейсмической опасности в сейсмоактивных областях //Вестник ДНЦ РАН. Вып. 8.- Махачкала.- 2000.- С. 40-45.
13. Крамынин П.И. Расчёты прогнозных параметров сейсмического воздействия на Дагестанском участке трассы нефтепровода //Материалы междунар. симп. Влияние сейсмической опасности на трубопроводные системы в Закавказском и Каспийском регионах. М.- 2000.- С. 266.
14. Дорофеев В.М. Мониторинг состояния зданий и сооружений существующей застройки городов, подверженных катастрофам природно-техногенного характера //Проблема безопасности при чрезвычайных ситуациях М.: ВИНТИ, 1998, Вып.б.- С. 16-26.
15. Организация инженерно-сейсмометрической службы в Республике Дагестан. Далгатов Д.М.-З., Черкашин В.И., Дорофеев В.М., Крамынин П.И., Мамаев С.А., Магомедов Р.А., Никуев Р.Ю. // Вестник Дагестанского научного центра №14. Махачкала 2003. С. 25-33.

### **Особенности тектоники дагестанского клина в связи с проблемой его происхождения**

*А.К. Васильев  
ИГ ДНЦ РАН*

Впервые термин Дагестанский клин употребил Н.С. Шатский (1929). Под этой структурой он понимал ту часть нагорного северо-восточного Кавказа между Владикавказом и Каспием, которая широким углом вдаётся к северу в прилегающую равнину. Выдвигание мезозойского массива происходит вследствие появления новых меловых брахиантиклиналей в вершине этого клина, а также от того, что мезозойские складки, параллельные в Южном Дагестане третичным отложениям и имеющие северо-западное простирание далее к северо-западу, выгибаясь слабыми дугами, погружаются под толщу третичных пород между реками Терек и Сулак с западо-северо-западным простиранием. Дагестанский клин, по мнению этого исследователя, имеет длинную и сложную историю и окончательно сформировался лишь в позднейшие тектонические фазы.

Отличие области Известнякового Дагестана (части Дагестанского клина) от смежных территорий Н.Н. Ростовцев (1948) видит в особенности его геологического развития в юрское время. Эта особенность заключается в непрерывности процесса осадконакопления с верхнеалейского по меловое время включительно, что не имело места в смежных с ней территориях. Причину же образования самого